

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 08.09.2021 16:38:36
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c14eab73e943d4a4851fda56d089

3

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра информационной безопасности



МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ НЕЙРОКОМПЬЮТЕРА

Методические рекомендации по выполнению
лабораторной работы №4 для студентов специальности 10.03.01

Курск 2017

Лабораторная работа №4

Моделирование работы нейрокомпьютера

Цель работы: изучить структуру нейрокомпьютера и его основных блоков.

Задача: по предложенной блок схеме алгоритма работы нейрокомпьютера составить и протестировать программу на языке высокого уровня.

1. Теоретическая часть

В последнее время активно ведутся также работы по построению моделей обработки информации в нервной системе. Большинство моделей основывается на схеме формального нейрона У.МакКаллока и У.Питтса, согласно которой нейрон представляет собой пороговый элемент, на входах которого имеются возбуждающие и тормозящие синапсы; в этом нейроне определяется взвешенная сумма входных сигналов (с учетом весов синапсов), а при превышении этой суммой порога нейрона вырабатывается выходной сигнал.

В моделях уже построены нейронные сети, выполняющие различные алгоритмы обработки информации: ассоциативная память, категоризация (разбиение множества образов на кластеры, состоящие из подобных друг другу образов), топологически корректное отображение одного пространства переменных в другое, распознавание зрительных образов, инвариантное относительно деформаций и сдвигов в пространстве решение задач комбинаторной оптимизации. Подавляющее число работ относится к исследованию алгоритмов нейросетей с прагматическими целями.

Предполагается, что практические задачи будут решаться нейрокомпьютерами - искусственными нейроподобными сетями, созданными на основе микроэлектронных вычислительных систем. Спектр задач для разрабатываемых нейрокомпьютеров достаточно широк: распознавание зрительных и звуковых образов, создание экспертных систем и их аналогов, управление роботами, создание нейропротезов для людей, потерявших слух или зрение. Достоинства нейрокомпьютеров - параллельная обработка информации и способность к обучению. Несмотря на чрезвычайную активность исследований по нейронным сетям и ней-

рокомпьютерам, многое в этих исследованиях настораживает. Ведь изучаемые алгоритмы выглядят как бы "вырванным куском" из общего осмысления работы нервной системы. Часто исследуются те алгоритмы, для которых удастся построить хорошие модели, а не те, что наиболее важны для понимания свойств мышления, работы мозга и для создания систем искусственного интеллекта. Задачи, решаемые этими алгоритмами, оторваны от эволюционного контекста, в них практически не рассматривается, каким образом и почему возникли те или иные системы обработки информации. Настораживает также чрезмерная упрощенность понимания работы нейронных сетей, при котором нейроны осмыслены лишь как суммирующие пороговые элементы, а обучение сети происходит путем модификации синапсов. Ряд исследователей, правда, рассматривает нейрон как значительно более сложную систему обработки информации, предполагая, что основную роль в обучении играют молекулярные механизмы внутри нейрона. Все это указывает на необходимость максимально полного понимания работы биологических систем обработки информации и свойств организмов, обеспечиваемых этими системами. Одним из важных направлений исследований, способствующих такому пониманию, наверное, может быть анализ того, как в процессе биологической эволюции возникали "интеллектуальные" свойства биологических организмов.

Нейрокомпьютер - объект, над созданием которого десятки лет работает огромная армия ученых, технологов, инженеров, математиков всего мира. На эту научную проблему тратятся огромные ресурсы. Только в Японии на восьмилетнюю программу «Нейрокомпьютер» по разработке современного компьютера шестого поколения на 1989-1997 годы было выделено 231 млн. долларов. Для создания нейрокомпьютера объединились крупнейшие фирмы Японии: Фудзичу, Хитачи, Тошиба, Мицубиси денки, Нихон денки, Оки денки.

Эта задача грандиозна и сложна, в ней переплетены многие фундаментальные проблемы: мозг, психика, квантовая физика, информатика, биоэнергетика, общая теория поля, философия и др. Об актуальности и грандиозности проблемы можно судить по программе Пентагона «Стратегическая компьютерная инициатива», цель которой - создание нового поколения компьютеров, обладающих определенными человеческими качествами: «здравым смыслом», специальными знаниями, умением видеть, слышать и говорить.

Попытки создать искусственный разум «снизу - вверх» предпринимались еще с 40-х годов специалистами по «нейронной кибернетике». Они стремились разработать самоорганизующуюся систему, способную обучаться интеллектуальному поведению в процессе взаимодействия с окружающим миром, причем компонентами их систем обычно являются модели нервных клеток. С 1986 года область нейронных сетей вступила в стадию бурного развития. Ежегодно проводятся несколько крупных международных национальных форумов по нейронным сетям, выпускаются специальные печатные издания. Возникли фирмы, связанные с нейросетевой технологией, которых к 80-ым насчитывалось более 100. Объем рынка изделий в области нейросетей составил в конце 80-х несколько десятков миллионов долларов США. Начался серийный выпуск и эксплуатация основанных на нейросетевой технологии прикладных систем.

Термин «нейрокомпьютер» употребляется в нескольких значениях. Под «нейрокомпьютером» в широком смысле понимают искусственный мозг - «разумную систему», которая должна строиться и функционировать по аналогии с мозгом человека. Слово «нейро» подчеркивает отличие такой системы от традиционного компьютера, который многие также считают «думающей машиной», но который оказался не в состоянии выполнять естественные для поведения живых существ операции восприятия и обработки информации, поступающей из внешнего мира.

Пока еще не созданы действительно «разовые интеллектуальные» системы, способные решать сложные задачи в реальной среде. Поэтому термин «нейрокомпьютер» используют для обозначения всего спектра работ в рамках подхода к построению систем искусственного интеллекта, основанного на моделировании элементов, структур, взаимодействий и функций различных уровней нервной системы.

Для сравнения различных нейрокомпьютеров и оценки их возможностей по эффективной реализации тех или иных нейросетевых моделей используется ряд характеристик.

Максимальный размер нейронной сети, которую можно промоделировать с помощью нейрокомпьютера, определяется количеством нейроподобных элементов и связей, на которые рассчитан нейрокомпьютер, а также возможность изменения их конфигураций.

Быстродействие нейрокомпьютера оценивают количеством связей, которые он способен просмотреть в единицу времени, изменяя их в режиме обучения или учитывая приходящие по связям сигналы в рабочем режиме. Введена аббревиатура CUPS: connection updates per second.

По степени универсальности различают универсальные компьютеры, позволяющие достаточно эффективно реализовать широкий набор нейросетевых моделей, и нейрокомпьютеры, специализированные под узкий класс моделей или под одну модель.

Детальный анализ зарубежных разработок нейрокомпьютеров позволил выделить основные перспективные направления современного развития нейрокомпьютерных технологий: нейропакеты, нейросетевые экспертные системы, СУБД с включением нейросетевых алгоритмов, обработка изображений, управление динамическими системами и обработка сигналов, управление финансовой деятельностью, оптические нейрокомпьютеры, виртуальная реальность. Сегодня разработками в этой области занимается более 300 зарубежных компаний, причем число их постоянно увеличивается. Среди них такие гиганты как Intel, DEC, ШМ и Motorola. Сегодня наблюдается тенденция перехода от программной эмуляции к программно-аппаратной реализации нейросетевых алгоритмов с резким увеличением числа разработок СБИС нейрочипов с нейросетевой архитектурой. Резко возросло количество военных разработок, в основном направленных на создание сверхбыстрых, «умных» супервычислителей.

Если говорить о главном перспективном направлении - интеллектуализации вычислительных систем, придавая им свойств человеческого мышления и восприятия, то здесь нейрокомпьютеры практически единственный путь развития вычислительной техники. Многие неудачи на пути совершенствования искусственного интеллекта на протяжении последних 30 лет связаны с тем, что для решения важных и сложных по постановке задач выбирались вычислительные средства, не адекватные по возможностям решаемой задаче, в основном из числа компьютеров, имеющих под рукой. При этом, как правило, не решалась задача, а показывалась принципиальная возможность ее решения. Сегодня активное развитие систем МРР создало объективные условия для построения вычислительных систем адекватных по возможностям и архитектуре практически любым задачам искус-

ственного интеллекта.

Архитектура биологической нейронной системы совершенно не похожа на архитектуру машины фон Неймана.

Машина фон Неймана по сравнению с биологической нейронной системой.

Таблица 1.

	Машина фон Неймана	Биологическая нейронная система		
По- но логиче- нейрон- системе	Процессор	Сложный	Простой	доб- био- ской ной
		Высокоскоростной	Низкоскоростной	
		Один или несколь-	Большое количе-	
	Память	Отделена от про- цессора	Интегрирована в процессор	
		Локализована	Распределенная	
		Адресация не по содержанию	Адресация по содержанию	
	Вычисления	Централизованные	Распределенные	
		Последовательные	Параллельные	
		Хранимые про- граммы	Самообучение	
	Надежность	Высокая уязви- мость	Живучесть	
Специализация	Численные и сим- вольные операции	Проблемы вос- приятия		
Среда функцио- нирования	Строго определен- ная	Плохо опреде- ленная		
	Строго ограничен- ная	Без ограничений		

ИНС является вычислительной системой с огромным числом параллельно функционирующих простых процессоров с множеством связей. Модели ИНС в некоторой степени производят "организационные" принципы, свойственные мозгу человека. Моделирование биологической нейронной системы с использованием ИНС может также способствовать лучшему пониманию биологических функций.

В Японии с 1993 года принята программа "Real world computing program". Ее основная цель - создание адаптивной, эволю-

ционирующей ЭВМ. Проект рассчитан на 10 лет. Основой разработки является нейротехнология, используемая для распознавания образов, обработки семантической информации, управления информационными потоками и роботами, которые способны адаптироваться к окружающей обстановке. Только в 1996 году было проведено около сотни международных конференций по нейрокомпьютерам и смежным проблемам. Разработки нейрокомпьютеров ведутся во многих странах мира и даже в Австралии создан свой образец коммерческого супернейрокомпьютера.

2. Программные реализации выпускаемых нейрокомпьютеров

В настоящее время имеются в продаже пакеты, реализующие практически все известные модели нейросетей. Обычно пакет программ представляет пользователю удобный интерфейс и широкие возможности по выбору различных нейросетевых моделей, заданию количества нейронов и связей, их передаточных характеристик и т.п. Это позволяет всесторонне исследовать поведение известных нейросетевых моделей и их комбинаций, а также создавать собственные модели нейросетей. В качестве примера в ряде пакетов приводятся решения демонстрационных задач прогнозирования курса акций, предсказания погоды и т.п. К лучшим пакетам такого типа в конце 80-х относились Neural Works Professional фирмы Neural Ware и ANSim фирмы SAIC.

Некоторые пакеты, например, Neural Shell фирмы Ward Systems Group или Nestor Development System фирмы Nestor, реализуют одну нейросетевую модель, однако рекламируются не как экспериментальные системы, а как оболочки для промышленного пользования. Ряд фирм предлагает специализированные языки программирования для создания моделей нейросетей.

Основными областями приложения нейросетевой технологии считаются распознавание образов, экспертные системы, обработка знаний, адаптивное управление процессами и роботами.

Ряд фирм и научных учреждений разрабатывают основанные на нейросетевой технологии системы распознавания изображений и визуального контроля. Фирма Nestor в 1989 г. начала поставку системы для проверки подлинности подписей. В системе используется препроцессор изображений Gould MV-100,

точность распознавания 95% при времени распознавания одного образца 2-4с, 45 Лбфйт памяти. Система SNOOPE фирмы SAIC предназначена для обнаружения взрывчатки в багаже пассажиров по вызванному у излучению, вероятность ложной тревоги 2-4% при 95% вероятности обнаружения. Фирмой Adaptive Decision Systems создана система, определяющая целесообразность выдачи кредитов: получив информацию со стандартного бланка, система оценивает степень риска предоставления кредита на основании примеров, на которых она была обучена. Результаты работы на 30% лучше, чем у существующей системы, построенной на комбинации экспертных и статических методов

Фирма Behave Neuristic создала систему контроля и распределения посадочных мест на авиарейсы, системы Airline Marketing Tactician оптимизирует во времени изменение цен на билеты. Сюда же примыкают системы моделирование и прогнозирования, позволяющие предсказывать поведение и свойства сложных объектов. Обучаясь на большом количестве примеров реакции этих объектов на различные комбинации входных воздействий, нейросети выявляют присущие им закономерности поведения. Что позволяет прогнозировать реакцию на новые входные сигналы. Известны такого рода системы для прогнозирования курса акций и других экономических показателей, предсказание кодов ДНК для производства белков и т.д.

В Европе действуют нейрокомпьютерные программы BRAIN, ANNIE, ESPIRIT. В США работы в области нейросетей поддерживают многие правительственные организации, с 1989 года агентством DARPA начато финансирование программы, в рамках которой планируется создать образцы нейрокомпьютеров с 10 млрд. связей и быстродействием 1000 млрд. связей для разнообразных технических и военных приложений.

3. Современные направления развития нейрокомпьютерных технологий в России

В области теории нейронных сетей российская научная школа, которая развивается уже в течение 30 лет, имеет определенный приоритет по сравнению с зарубежными исследованиями. Теория Нейронных сетей - алгоритмический базис нейрокомпьютеров, подобно тому, как булева алгебра служила основой логики однопроцессорных и многопроцессорных компьютеров.

Общая методика синтеза многослойных нейронных се-

тей была разработана сотрудниками Научного центра нейрокомпьютеров еще в конце 50 годов и постоянно развивалась в течение 30 лет. В результате в России сформировалось направление в области теории нейронных сетей, которое по некоторым параметрам превосходит уровень зарубежных работ. Например, были разработаны методы адаптивной настройки нейронных сетей с произвольным входом нейрона и произвольным числом слоев; с различными видами связей между слоями; с различными видами критериев оптимизации; с различными ограничениями на весовые коэффициенты нейронных сетей.

Реализованные в известных зарубежных нейропакетах нейросетевые парадигмы имеют, по крайней мере, два серьезных недостатка:

- они реализуют нейросетевой алгоритм, не адекватный выбранной задаче;
- достигают локального эффекта на первом этапе использования без возможности улучшения для повышения качества решения задачи.

Определенная общность отечественных методов развития теории нейронных сетей позволила создать единый подход к разработке нейросетевых алгоритмов решения самых разнообразных задач, сформировав новое направление в вычислительной математике - нейроматематику. Эта область связана с разработкой алгоритмов решения математических задач в нейросетевом логическом базисе. Необходимо отметить, что передовая в этом направлении американская школа разработки нейрокомпьютеров уже трижды в истории развития вычислительной техники совершала принципиальные ошибки.

Первая из них была сделана в 60-е годы, когда создавались нейрокомпьютеры с ориентацией на элементную базу с адаптацией весовых коэффициентов. Российская школа приняла тогда концепцию разработки нейрокомпьютеров, в которых рабочая, распознающая часть, реализовывалась в виде аналогового блока с фиксированными или перестраиваемыми коэффициентами, а блок адаптации реализовывался на универсальных ЭВМ.

Вторая ошибка была связана с публикацией работы Минского и Пейперта "Персептроны", где показывалась, якобы, невозможность решения на двухслойной нейронной сети задачи реализации «исключающего или». Российские специалисты, владея

в то время, общей методикой настройки многослойных нейронных сетей, продолжая работы в этой области, наблюдали практически полное их отсутствие за рубежом вплоть до середины 80-х годов.

Третья ошибка связана с тем, что в работах американских ученых решение отдельных математических задач в нейросетевом логическом базисе ориентируется на частные нейросетевые парадигмы. В наших работах общий метод синтеза нейронных сетей позволил создать и развивать в дальнейшем единую методику решения любых математических задач, создавая нейроматематику - новый раздел вычислительной математики.

Всегда звучит вопрос, для какого класса задач наиболее эффективно применение того или иного вычислительного устройства, построенного по новым признакам.

По отношению к нейрокомпьютерам ответ на него постоянно меняется в течение уже почти 50 лет.

Долгое время считаю, что нейрокомпьютеры эффективны для решения не формализуемых и плохо формализуемых задач, связанных с необходимостью включения в алгоритм решения задач процесса обучения на реальном экспериментальном материале - распознавания образов. Конечно, не формализуемые задачи являются важным аргументом использования нейрокомпьютеров. Однако необходимо помнить, что это всего лишь частная постановка аппроксимации функций, заданных некоторым множеством значений. При этом главное, что для аппроксимации используются не прежние статистические, в частности, регрессионные, а гибкие нелинейные нейросетевые модели.

Сегодня к этому классу задач добавляется второй класс задач, иногда не требующих обучения на экспериментальном материале, но хорошо представимых в нейросетевом логическом базисе - это задачи с ярко выраженным естественным параллелизмом: обработка сигналов и обработка изображений. В истории вычислительной техники всегда были задачи, не решаемые компьютерами текущего уровня развития и для них переход к нейросетевому логическому базису характерен в случае резкого увеличения размерности пространства решения или необходимости резкого сокращения времени. Различают три раздела нейроматематики: общая, прикладная и специальная.

Такие, казалось бы, простые задачи, как сложение чисел, ум-

ножение, деление, извлечение корня, обращение чисел и т.п. многие авторы пытаются решить с помощью нейрокомпьютеров. Действительно, при ориентации на нейросетевую физическую реализацию алгоритмов эти операции можно реализовать значительно эффективнее, чем на известных булевских элементах. В нейронных сетях это функции активации, поэтому сегодня много говорят о решении систем линейных уравнений и неравенств, обращении матриц, сортировки с помощью нейрокомпьютерных технологий.

Нейрокомпьютеры являются перспективным направлением развития современной высокопроизводительной вычислительной техники, а теория нейронных сетей и нейроматематика представляют собой приоритетные направления российской вычислительной науки, и при соответствующей поддержке, в ближайшее время станут интенсивно развиваться

Основой активного развития нейрокомпьютеров является принципиальное отличие нейросетевых алгоритмов решения задач от однопроцессорных, микропроцессорных, а также транспьютерных. Для данного направления развития вычислительной техники не так важен уровень развития отечественной микроэлектроники, поэтому оно позволяет создать основу построения российской элементной базы суперкомпьютеров.

Сферы применения технологии нейросетей быстро расширяются. Однако в настоящее время не созданы нейросетевые системы, значительно превосходящие по каким-либо параметрам системы, основанные на традиционных принципах информационной обработки. Тем не менее, с дальнейшим развитием работ в области нейросетей и нейрокомпьютеров во многих странах связывают большие научные, технические и экономические перспективы.

Обработка изображений. Наиболее перспективными задачами обработки изображений нейрокомпьютерами являются обработка аэрокосмических изображений (сжатие с восстановлением, сегментация, контрастирование и обработка текстур), выделение на изображении движущихся целей, поиск и распознавание на нем объектов заданной формы, обработка потоков изображений, обработка информации в высокопроизводительных сканерах.

Обработка сигналов. В первую очередь это класс задач, связанных с прогнозированием временных зависимостей: прогно-

зирование финансовых показателей, прогнозирование надежности электродвигателей, упреждение мощности АЭС и прогнозирование надежности систем электропитания на самолетах; обработка траекторных измерений.

При решении этих задач сейчас все переходят от простейших регрессионных и других статистических моделей прогноза к существенно нелинейным адаптивным экстраполирующим фильтрам, реализованным в виде сложных нейронных сетей.

При обработке гидролокационных сигналов нейрокомпьютеры применяются при непосредственной обработке сигнала, распознавании типа надводной или подводной цели, определении координат цели. Сейсмические сигналы по структуре весьма близки к гидролокационным. Обработанные нейрокомпьютером позволяют получить с достаточной точностью данные о координатах и мощности землетрясения или ядерного взрыва. Нейрокомпьютеры начали активно использовать при обработке сейсмических сигналов в нефтегазовой разведке. В Международном обществе по нейронным сетям для этого создана специальная группа.

Нейрокомпьютеры в системах управления динамическими объектами. Это одна из самых перспективных, областей применения нейрокомпьютеров. По крайней мере, США и Финляндия ведут работы по использованию нейрокомпьютеров для управления химическими реакторами. В нашей стране им не занимались, в частности, по причине морального устаревания существующих реакторов и нецелесообразности совершенствования их систем управления.

Перспективной считается разработка нейрокомпьютера для управления двигательной установкой гиперзвукового самолета. Фактически единственным вариантом реализации высокопараллельной вычислительной системы управления зеркалами (100-400 зеркал) адаптивного составного телескопа сегодня является нейрокомпьютер. Адаптивные режимы управления этим сложным объектом по критерию обеспечения максимального высокого качества изображения и компенсации атмосферных возмущений может обеспечить мощный нейрокомпьютер, в свою очередь реализующий адаптивный режим собственного функционирования.

Весьма адекватной нейрокомпьютеру является задача обучения нейронной сети выработке точного маневра истребителя. Обучение

системы с достаточно слабой нейронной сетью требовало 10 часов на ПК 386. Тоже можно сказать и о задаче управления роботами: прямая, обратная кинематические и динамические задачи, планирование маршрута движения робота. Переход к нейрокомпьютерам здесь связан в первую очередь с ограниченностью объемов размещения вычислительных систем, а также с необходимостью реализации эффективного управления в реальном масштабе времени.

Можно надеяться, что широкий фронт научных исследований и технических разработок и объединенные усилия ученых разных стран приведут, в конечном счете, к созданию принципиально новых разумных систем.

Нейросетевые экспертные системы. Необходимость реализации экспертных систем в нейросетевом логическом базисе возникает при значительном увеличении числа правил и выводов. Примерами реализации конкретных нейросетевых экспертных систем могут служить система выбора воздушных маневров в ходе воздушного боя и медицинская диагностическая экспертная система для оценки состояния летчика.

Нейрочипы и нейрокомпьютеры. В 1995 году была завершена разработка первого отечественного нейрокомпьютера на стандартной микропроцессорной элементной базе, а сегодня проводится разработка на базе отечественных нейрочипов, в том числе супернейрокомпьютера для решения задач, связанных с системами уравнений математической физики: аэро-, гидро-, и газодинамики. Математическая статистика. Нейрокомпьютеры - это системы, позволяющие сформировать описания характеристик случайных процессов и совокупности случайных процессов, имеющих в отличие от общепринятого, сложные, зачастую многомодальные или вообще априори неизвестные функции распределения.

Математическая логика и теория автоматов. Нейрокомпьютеры - это системы, в которых алгоритм решения задачи представлен логической сетью элементов частного вида - нейронов с полным отказом от булевских элементов типа И, ИЛИ, НЕ. Как следствие этого введены специфические связи между элементами, которые являются предметом отдельного рассмотрения.

Теория управления. В качестве объекта управления выбирается частный случай, хорошо формализуемый объект - многослойная нейронная сеть, а динамический процесс ее настройки представляет собой процесс решения. При этом

практически весь аппарат синтеза адаптивных систем управления переносится на нейронную сеть как частный вид объекта управления.

Вычислительная математика. В отличие от классических методов решения задач нейрокомпьютеры реализуют алгоритмы решения задач, представленные в виде нейронных сетей. Это ограничение позволяет разрабатывать алгоритмы, потенциально более параллельные, чем любая другая их физическая реализация. Множество нейросетевых алгоритмов решения задач составляет новый перспективный раздел вычислительной математики, условно называемый нейроматематикой.

Вычислительная техника. Нейрокомпьютер - это вычислительная система с архитектурой MSrMD, в которой реализованы два принципиальных технических решения: упрощен до уровня нейрона процессорный элемент однородной структуры и резко усложнены связи между элементами; программирование вычислительной структуры перенесено на изменение весовых связей между процессорными элементами.

Нейрокомпьютеры являются перспективным направлением развития современной высокопроизводительной вычислительной техники, а теория нейронных сетей и нейроматематика представляют собой приоритетные направления российской вычислительной науки, и при соответствующей поддержке, в ближайшее время станут интенсивно развиваться.

Основой активного развития нейрокомпьютеров является принципиальное отличие нейросетевых алгоритмов решения задач от однопроцессорных, малопроцессорных, а также транспьютерных. Для этого направления развития вычислительной техники не так важен уровень развития отечественной микроэлектроники, поэтому оно позволяет создать основу построения российской элементной базы суперкомпьютеров.

4. Практическая часть

Бытовой нейрокомпьютер (БНК) «Эмбрион».

БНК «Эмбрион» разрабатывается в соответствии со структурной схемой, приведенной на рис.1.

Описание работы нейрокомпьютера

На сенсорную матрицу (СМ) размера $m \times n$, где m - число строк, n - число столбцов (в данном случае $m=n$) через рецепторы поступают входные воздействия из внешней или внутренней среды нейрокомпьютера.

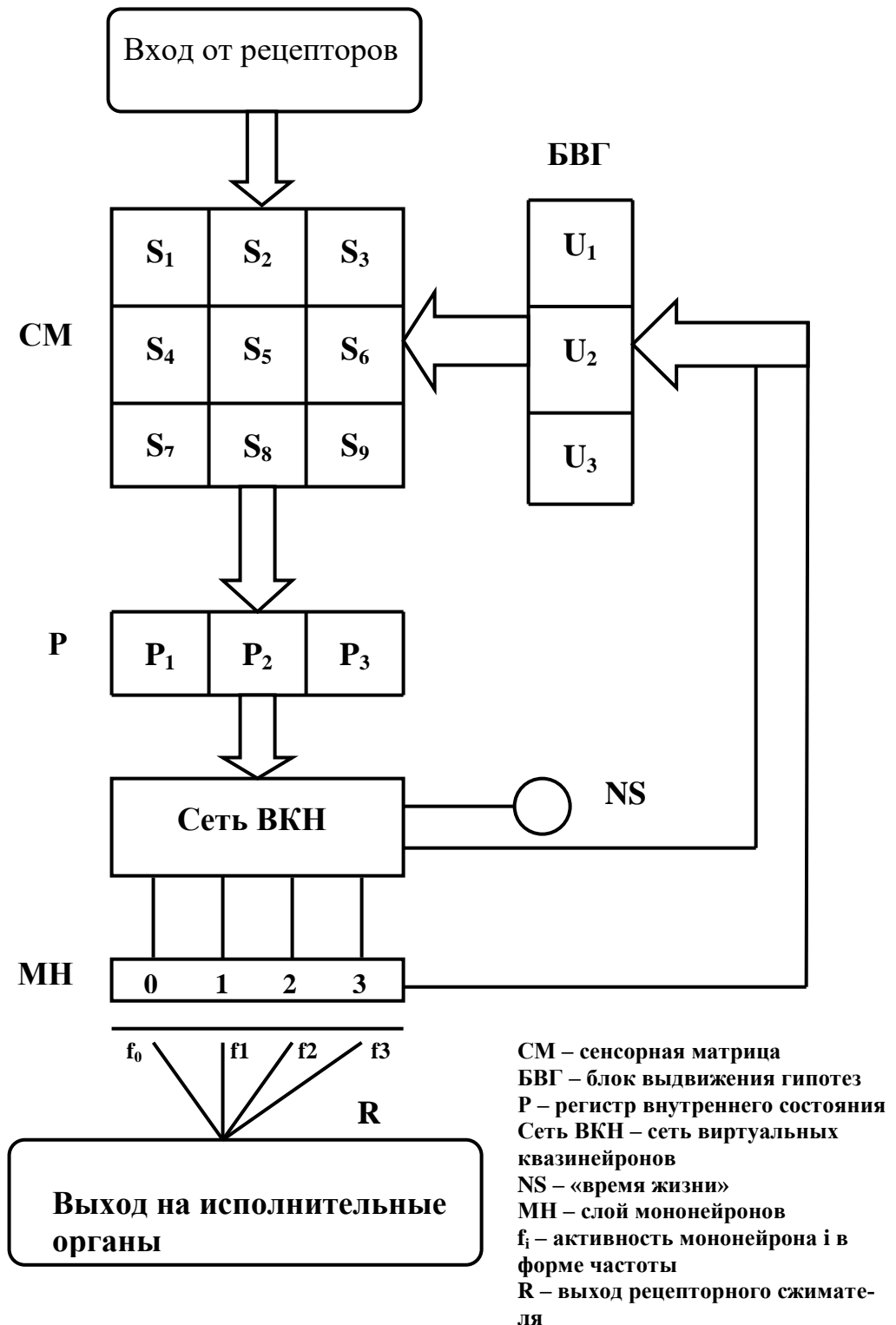


Рис. 1. Структурная схема БНК «Эмбрион»
 Блок выдвижения гипотез (БВГ) обеспечивает возможность

концентрации и перераспределения внимания при переносе информации из СМ в регистр внутреннего состояния (P), далее в сеть виртуальных квазинейронов (ВКН) к группе (пулу) мотонейронов (МН), которые имеют возможность управлять исполнительными органами: двигателями, реле, искусственными мышцами.

Параметр NS - определяет энергетический потенциал нейронной сети, т.е. общий уровень ее возбуждения или "время жизни". При первых опытах число NS запрашивается, не должно быть очень большим (не более 50).

Нейрокомпьютер (НК) - устройство, над созданием которого работает огромная армия ученых, технологов, инженеров, математиков. На эту научную проблему тратятся огромные ресурсы.

В Японии на восьмилетнюю программу "Нейрокомпьютер" на 1989-1997 годы выделено 231 млн. долларов. Для создания НК объединились крупнейшие фирмы Японии: Фудзицу, Хитачи, Тошиба, Мицубиси денки, Нихон денки, Оки денки.

Эта задача грандиозна и сложна, в ней переплетены многие фундаментальные проблемы, а именно: мозг, психика, квантовая физика, информатика, биоэнергетика, общая теория поля, философия и многие другие. Такая задача требует привлечения ученых и специалистов с широким кругозором и большой эрудицией.

В США в 1984-1988 годах объем финансирования составил 571 млн. долларов, а в ближайшие годы еще превысит 1 миллиард долларов. В Америке проект по созданию НК назывался "Стратегическая компьютерная инициатива" (СКИ), цель которой - создание нового поколения компьютеров.

В США затраты на разработку нейрокомпьютера сравнимы с затратами на программу "Аполлон".

В России разработка НК велась с 1966 по 1979 г. Наш отечественный НК назывался "Эмбрион".

Рассмотрим работу алгоритма по группам операторов.

1. Формирование образа на СМ (ввод $\{S\}$,), внутреннего состояния $\{P\}$, задание NS - "времени жизни".
2. Ввод гипотезы восприятия $\{U_j\}$.
3. Возбуждение нейронной сети.
4. Осуществляется равновероятная выборка информации из строки j СМ в течение времени, заданного числом $\{U_j\}$ до момен-

та $K = 0$.

5. Генерация случайного числа L .

6. В зависимости от того, в каком диапазоне окажется число L реализовывается следующее правило поразрядного переноса информации из каждого разряда строки СМ в соответствующий разряд регистра внутреннего состояния: происходит сравнение состояния i -го элемента регистра P с состоянием i -го элемента строки СМ. Если состояния одинаковы, то изменений не происходит, а если состояния совпадают, то внутренний элемент принимает значение внешнего, то есть происходит «уравновешивание внутреннего состояния состоянием внешней среды».

7. Уменьшение времени, заданного числом $\{U_j\}$ на 1.

8. Условие останова цикла формирования переносов.

9. Определение номера канала или номера возбужденного мотонейрона $\{Y_i\}$ как число "возбужденных" (единичных) элементов регистра внутренней памяти P .

10. Производится последовательный опрос всех строк j сенсорной матрицы. К элементам регистра внутренней памяти подключаются следующей строки.

11. Заканчивается N -ый такт возбуждения сети.

12. Динамическая регистрация импульсации мотонейронов. После окончания цикла равновероятной выборки информации из СМ в регистре P накоплено число $\{Y_3\}$, которое является статистической смесью всей информации СМ, перенесенной во внутреннюю память под воздействием БВГ. Состояние $\{Y_s\}$ представляет собой счетчик-накопитель импульсов N -кратного сканирования образа СМ. каждый накопленный импульс отражается на экране дисплея знаком "*". Если $Y_3 < 1$, то переменная SU увеличивается на 1 и на экране на выходе "0" печатается "*" и число "1". Если $Y_3 = 1$, то аналогичный процесс происходит на выходе "1". Если $Y_3 > 1$, то после сравнения Y_3 с числом 2 выбирается выход либо "1", либо "2", либо "3" и туда заносится информация в виде знака "*" и числа.

13. Проверяется условие $N = 0$: прекращение цикла по N .

14. Вычисление результирующей реакции вектора рецепторного сжимателя по формуле $Z = SY*2 + SJ - SC - SU*2$.

Алгоритм содержит три вложенных друг в друга цикла.

Первый цикл K (вершины 6,7,8,9,10,11).

Осуществляется равновероятная выборка информации из строки j сенсорной матрицы (СМ) в течение времени, заданного чис-

лом U_i , (до момента $K=0$).

Второй цикл m . Производится последовательный опрос всех строк $j=m$ сенсорной матрицы ($m=3$ в нашем примере).

Третий цикл N . Нейронная сеть возбуждается в течение заданного «времени жизни» NS .

Описание алгоритма работы нейрокомпьютера

В блоке 1 происходит запуск работы нейрокомпьютера.

В блоке 2_формируется образ на сенсорной матрице. Задается NS - "время жизни" нейронной сети (возбуждение нейрокомпьютера). Здесь же заносите исходное состояние регистра внутренней памяти P .

В блоке 3 задаются три десятичных числа U_1, U_2, U_3 , фиксирующих время "осмотра" или последовательность переноса информации из строк CM в n разрядный регистр внутренней памяти. Сумма $U=U_1+U_2+U_3$ - представляет собой многомерный вектор, или гипотезу восприятия.

В блоке 4 вводятся две группы переменных K_1, K_2, K_3 и X_1, X_2, X_3 - которым присваиваются соответственно значения U_j и P_j где j - номер строки ($j=1,2,\dots,m$), a_i - номер столбца CM ($i=1,2,\dots,n$).

В блоках с 5 го по 11 организован цикл K_i - кратного сканирования первой строки CM и перенос содержимого из S_1, S_2, S_3 в X_1, X_2, X_3 по алгоритму:

$$X_i := (P_i + S_i) - P_i \text{ где } i - \text{ номер разряда.}$$

Датчик псевдослучайных чисел генерирует абсолютное значение числа в интервале $[0-1,0]$ и его значение присваивается переменной L .

1)если $L \leq 0.34$, то выполняется преобразование над переменной X_1 , в блоке 7.

2)если $L \leq 0.66$, то выполняется преобразование над переменной X_2 в блоке 8.

3)если $L > 0.66$, то выполняется преобразование над переменной X_3 в блоке 9.

В блоках 7,8,9 происходит реализация правила поразрядного переноса информации из каждого разряда строки CM в соответствующий разряд регистра внутренней памяти: происходит сравнение состояния i -го элемента регистра P с состоянием i -го элемента строки CM . Если состояния одинаковы, то изменений

не происходит, а если состояния не совпадают, то внутренний элемент принимает значение внешнего.

В блоке 10 происходит уменьшение счетчика цикла K_1 на единицу.

После завершения цикла по K_1 определяется номер канала или номер возбужденного мотонейрона Y_1 .

В блоках 13, 14 к элементам регистра внутренней памяти подключаются соответственно строки 2 и 3 СМ и начинаются такие же циклы K_1 и K_2

Подобным образом определяется номер мотонейронов Y_2 и Y_3 .

В блоке 15 заканчивается первый из N тактов возбуждения сети. После окончания третьего цикла K_3 в регистре P накоплено число U_3 , которое является статистической смесью всей информации СМ, перенесенной во внутреннюю память под воздействием кода БВГ (U_1, U_2, U_3).

В блоке 16 состояние Y_3 переносится в блок динамической регистрации импульсной активности мотонейронов. Он представляет собой счетчик - накопитель импульсов N - кратного сканирования образа СМ. Каждый накопленный импульс отображается на экране дисплея коды знаком (*). Над столбиком звездочек изображается номер мотонейрона и десятичное число, показывающая степень возбуждения.

Если $U_3 - 1 < 0$, то переменная SU принимает значение 1 и на экране, на выходе "О" не читается знак "*" и число "1".

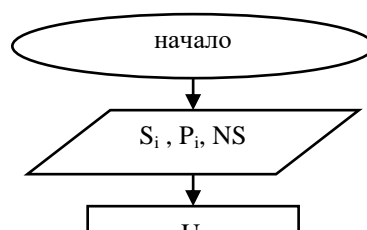
Если $U_3 - 1 = 0$, аналитический процесс происходит на выходе "1".

Если $U_3 - 1 > 0$, то после сравнения U_3 с числом 2, выбирается в выход либо "1" либо "2", либо "3" и туда заносится информация в виде знака "*" и знака.

В блоке 17 проверяется условие $N=0$.

В блоке 18 печатаются исходные данные: образ сенсорной матрицы [S_1, \dots, S_9], код БВГ [U_1, U_2, U_3] и значения NS .

В данной программе сеть нейронов построена так, что на выходе подключено четыре мотонейрона: накопленное количество импульсов на выходе.



Блок-схема алгоритма работы нейрокомпьютера

Память нейрокомпьютера определяется как мультистабильная многомерная среда, которая сохраняет след внешнего воздействия в течение некоторого интервала времени. В этот интервал не входит время, в течение которого пользователь вносит данные и образ на сенсорную матрицу.

В БНК "ЭМБРИОН" имеется несколько видов памяти:

1. Хранение одной буквы "1" или "0" в регистрах P_i , или S_i ;
2. Хранение строки j СМ на время U_j , ее сканирования;
3. Хранение образа СМ на время T_g его анализа и синтеза-формирования выходной реакции мотонейронов - многоканального случайного потока f , импульсов или реакции реципрокного сжимателя R .

У нейрокомпьютера имеется несколько внутренних часов, измеряющих собственные ритмы или собственное время: U_j (длительность цикла K), U (длительность цикла m), T_g (длительность цикла N). В этом масштабе собственного времени и оценивается информационное содержание внешней среды.

4. Суммарный информационный след в регистре P от информации, переносимой из каждой строки СМ.

Глубина этой памяти не постоянна, как в предыдущих трех видах памяти, а зависит еще от информационного содержания образа на СМ то есть от вектора U - гипотезы восприятия. Чем больше вертикальных полос в образе на СМ, тем больше ассоциация и глубже память по координате m (m - число строк СМ), а при поперечных полосах на СМ след резко укорачивается. С помощью блока выдвижения гипотез (БВГ) можно изменять структуру и управлять глубиной памяти, концентрируя или перераспределяя внутреннее "внимание" при "осмотре" СМ.

6. Задания к лабораторной работе

1. Про моделировать работу нейрокомпьютера при исходных условиях.

Параметр NS , запрашиваемой программой в начале ее работы не должен быть очень большим, не более 50.

2. Вводятся следующие данные: состояния разрядов регистра P :
 $P_1 = 0, P_2 = 0, P_3 = 0$, т.е. $P = 000$
образ на СМ:

$$\begin{aligned}
 S_1 = 1, S_2 = 1, S_3 = 0, \\
 S_4 = 0, S_5 = 1, S_3 = 1, \\
 S_1 = 0, S_2 = 0, S_3 = 0, \text{ т.е}
 \end{aligned}$$

$$S = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

- состояние БВГ (гипотезы восприятия) U :

$$U_1 = 3, U_2 = 3, U_3 = 0, \text{ т.е. } U = \begin{pmatrix} 3 & 3 & 0 \end{pmatrix}$$

При таких исходных данных сеть нейронов будет возбуждена. На дисплее появляется приглашение ввода NS. Допустим $NS = 16$. В нашем случае сеть нейронов построена так, что на выходе включено только четыре мотонейрона. На экране появится диаграмма.

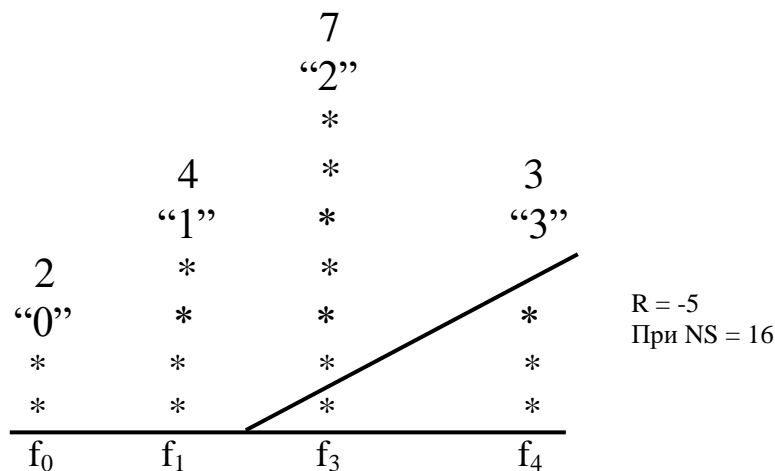


Рис.3 Выходное распределение частот мотонейронов при $NS = 16$: цифрой в кавычках обозначен номер мотонейрона, а расположенное выше число показывает количество накопленных импульсов у данного мотонейрона.

Для тестирования программы следует ввести указанные исходные данные на сенсорной матрице (СМ) для возбуждения нейронной сети.

$$S = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

при одной и той же гипотезе $U_1 = U_2 = U_3 = 3$.
Затем вводим измененную гипотезу $U_1 = 6, U_2 = 2, U_3 = 1$

и разряды регистра P : $P_1 = P_2 = P_3 = 0$, а также время работы нейрокомпьютера $NS = 50$.

На дисплее строится вектор Z , который обеспечивает графическое изображение работы реципрокного сжимателя - результирующей реакции группы мотонейронов на входное воздействие $[S_1 \dots S_9]$, при начальном состоянии $[P_1 P_2, P_3]$, гипотезе $[U_1, U_2, U_3]$ в виде отрезка прямой с началом координат в точке (X_1, Y_1) , концом в точке Z .

7. Содержание отчета.

Отчет должен содержать:

- титульный лист;
- задание;
- блок-схема алгоритма работы нейрокомпьютера;
- текст программы;
- результаты работы программы, графики зависимости

Контрольные вопросы

1. Назовите основные блоки нейрокомпьютера "ЭМБРИОН".
2. Какую функцию выполняет сенсорная матрица (СМ)?
3. Какую функцию выполняет блок выдвижения гипотез (БВГ)?
4. Что мы называем энергетическим потенциалом сети?
5. По какой формуле рассчитывается вектор Z и как он называется?
6. Из каких циклов состоит алгоритм работы бытового нейрокомпьютера (БНК)?
7. Как происходит подсчет количества импульсов и распределение частот мотонейронов при заданном параметре NS ?
8. Какую структуру памяти имеет нейрокомпьютер "ЭМБРИОН".
9. Какие программные реализации выпускаемых нейрокомпьютеров вам известны?
10. Какие основные перспективные направления современного развития нейрокомпьютерных технологий вы знаете?
11. Какие современные направления развития нейрокомпьютерных технологий имеются в России.

Библиографический список

1. Компьютер обретает разум. Стефанюка В.Л., М., Мир, 1990, 240 с.
2. Нейрокомпьютер и интеллектуальные роботы. Амосова Н. Н., Киев, Наука думка, 1994, 272 с.
3. Нейрокомпьютеры и его применение. Цыганков В.Д., М., Сол. Систем, 1993, 117 с.
4. Нейробионика. Соколов Е.Н., Шмелев Л.А., - М., Наука, 1983, 345 с.
5. Фролов А.А., Муравьев И.П. Информационные характеристики нейронных сетей. М., Наука, 1988, 160 с.
6. Минский М., Пейперт С. Перцептроны. Мир, 1971.